

FILTROS POLIFASE EN TECNOLOGÍA CMOS PARA APLICACIÓN A RECEPTORES GALILEO

José Francisco Calvo San Martín⁽¹⁾, José Domingo Alonso Vega⁽¹⁾, Yolanda Jato Llano⁽¹⁾, Amparo Herrera Guardado⁽¹⁾

jfc Calvo@dicom.unican.es, jose-domingo.alonso@alumnos.unican.es, jatoy@unican.es, amparo@dicom.unican.es

⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Cantabria
E.T.S.I.I.T. – Avda. de los Castros s/n. C.P. 39005 Santander (Cantabria)

Abstract- A passive polyphase filter for GALILEO receivers has been designed, fabricated and characterized. I, Q, IB and QB input signals are needed to obtain the filtered output signals, Io, Qo, Ibo and QBo. This filter has been designed to reject the image signal that appears in Low-IF systems which can cause interference. As a compact and lightweight design is needed for portable receivers, the device occupies an approximate area of 0.25 mm².

The attenuation in the undesired band is higher than 20 dB. Therefore, the filter satisfies the rejection requirement in the image band and makes the signal reception possible.

I. INTRODUCCIÓN

GALILEO es un sistema de navegación por satélite europeo desarrollado por la Agencia Europea del Espacio (ESA) y que proporcionará las distintas señales con servicios tales como la posición del usuario o un servicio de búsqueda y rescate. Se compone de un segmento espacial y un segmento de Tierra.

En este marco se encuentra nuestro diseño, un filtro polifase diseñado con componentes pasivos para receptores del segmento de tierra del sistema GALILEO, necesario para que en los sistemas Low – IF la banda imagen de la señal no interfiera negativamente en la banda deseada en el momento que se realice la demodulación de la señal [1][4].

II. DISEÑO

A. Topología

En la Fig.1. se muestra la topología empleada para el filtro polifase. Las interconexiones entre los distintos elementos que conforman dicho filtro, proporcionan a la función de transferencia la característica de eliminar la banda imagen de la señal que vamos a filtrar.

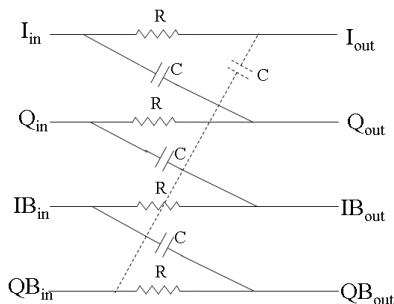


Fig. 1. Sección filtro polifase

Con este filtro se diseñaría una función de transferencia teórica como la que se ve en la Fig.2., de manera que únicamente pase la banda de interés, eliminando la banda imagen de la señal. Sin embargo, el filtro que aquí presentamos tiene una función de transferencia diferente (Fig.5.), y únicamente elimina una parte de banda negativa del espectro, dejando pasar el resto de frecuencias, como veremos en la sección III. Para que la función de transferencia fuera como la deseada, sería necesario colocar un filtro paso bajo a la salida del filtro polifase, para acotar la banda de frecuencias en la que estamos trabajando.

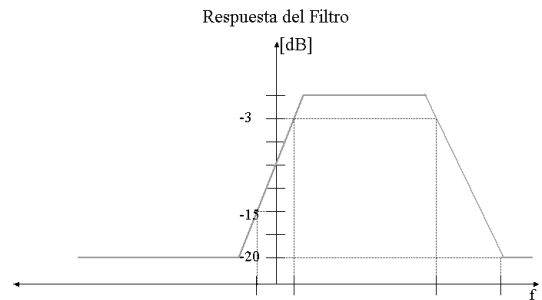


Fig. 2. Función de transferencia deseada.

B. Función de transferencia

De la matriz ABCD (1) de una sección del filtro [2][3] se obtiene la función de transferencia (2):

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1+j\omega CR}{1+\omega CR} & \frac{R}{1+\omega CR} \\ \frac{2j\omega C}{1+\omega CR} & \frac{1+j\omega CR}{1+\omega CR} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$H(j\omega) = \frac{1+\omega CR}{1+j\omega CR} \quad (2)$$

Escogiendo adecuadamente el número de secciones que tendrá el filtro, los valores de resistencias y condensadores y sabiendo que el cero de transmisión de cada sección se encuentra en $\omega=1/(RC)$, se obtendrá la atenuación necesaria dentro de la banda que se quiere eliminar.

En el caso que estamos tratando, el número de secciones que harían falta para poder cumplir las especificaciones es de 4, como se observa en la Fig.3.

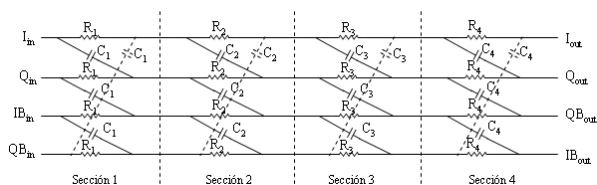


Fig. 3. Filtro polifase diseñado

C. Layout

El circuito se ha realizado empleando tecnología UMC 018 MIXED MODE permitiendo un diseño compacto y ligero, requisito indispensable para poder hacer un receptor que el usuario pueda manejar y transportar con facilidad, como se muestra en el layout de la Fig.4.

Pese a que en el circuito se emplean únicamente componentes pasivos de la librería, es necesaria una tensión de alimentación conectada al sustrato para lograr un funcionamiento adecuado de los mismos. Por este motivo, en la parte superior del chip pueden verse pads de alimentación y tierra.

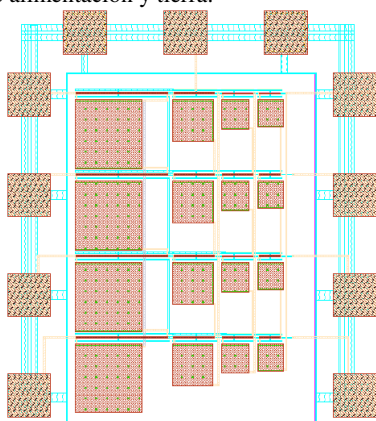


Fig. 4. Layout del filtro polifase diseñado

El área ocupada por el chip que contiene tanto el filtro polifase diseñado como los pads que permiten conectar y medir el dispositivo, es aproximadamente 500 μm x 500 μm .

III. SIMULACIÓN

El circuito se ha simulado mediante el software matemático MATLAB, empleando para ello las matrices de transmisión de cada una de las secciones, y mediante el software de diseño y simulación de circuitos CADENCE.

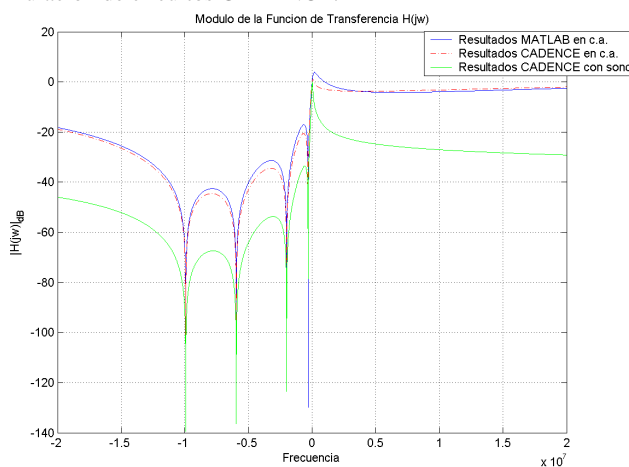


Fig. 5. Módulo de la función de transferencia del filtro

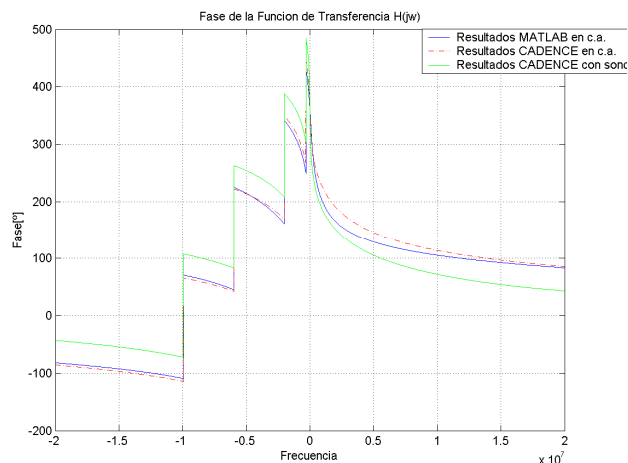


Fig. 6. Fase de la función de transferencia del filtro

En ambos casos, los resultados obtenidos son muy parecidos, si bien las diferencias que se puedan apreciarse son debidas a que en la simulación del filtro en MATLAB sólo se han tenido en cuenta los valores de los componentes y se han tomado como ideales, es decir, sin ningún parásito, en CADENCE, los componentes vienen modelados con sus parásitos, lo que proporciona una simulación más precisa.

En las Fig.5. y Fig.6. se muestran el módulo de la función de transferencia del filtro diseñado y su fase respectivamente. La gráfica de color verde y en la que puede apreciarse una gran atenuación tanto de las frecuencias positivas como de las negativas, se corresponde a la función de transferencia del filtro teniendo en cuenta la impedancia de la sonda con la que se ha realizado la medida. Por tanto, el amplificador o el DAC al que irá conectado dentro del sistema, al no presentar una capacidad tan elevada, no afectará a la respuesta en frecuencia del filtro. En la Fig.7. se observa la influencia de la impedancia de la sonda de medida en el resultado.

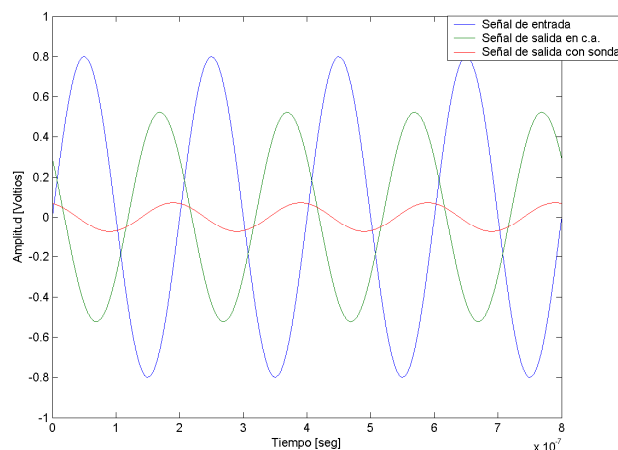


Fig. 7. Variación de la señal de salida en función de la carga que se encuentre a la salida del filtro

Físicamente no es posible introducir en un sistema señales con frecuencias negativas, y para este caso concreto, no se puede comprobar si el circuito diseñado funciona correctamente. Por este motivo, se han realizado distintas simulaciones teniendo como entradas cuatro señales de la misma amplitud y desfasadas con secuencia positiva y otras cuatro señales con la misma amplitud pero desfasadas con secuencia negativa [2][5]. Dichas secuencias se muestran representadas en las Fig.8. y Fig.9. respectivamente.

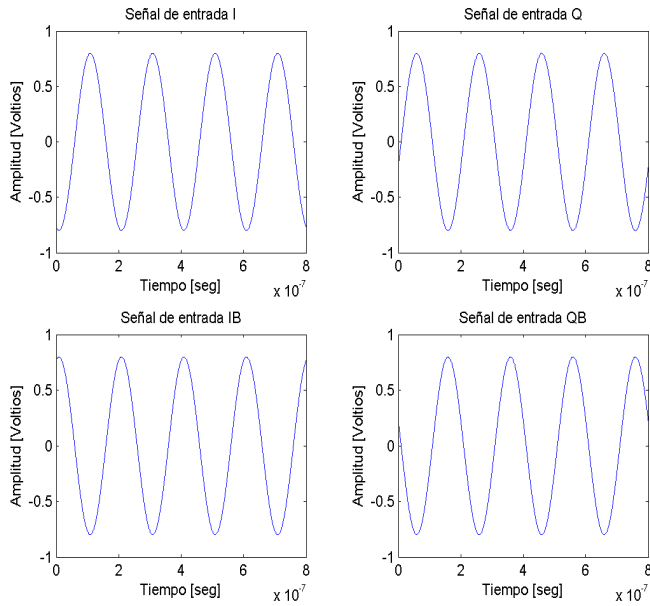


Fig. 8. Señales de entrada de secuencia positiva

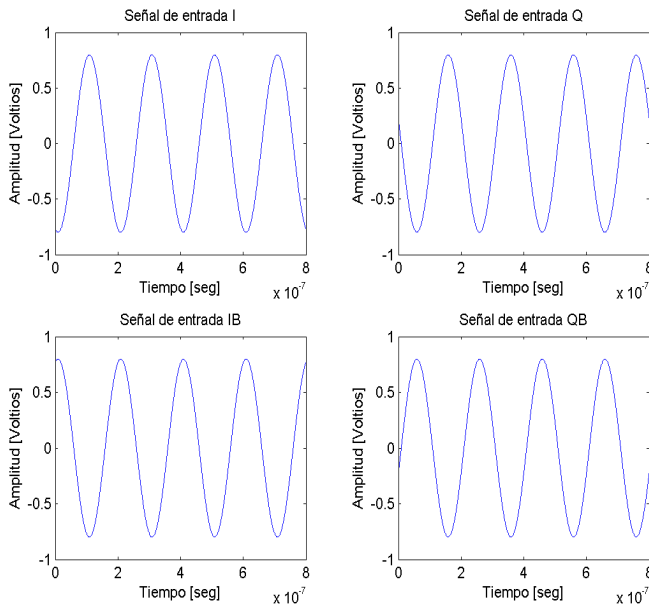


Fig. 9. Señales de entrada de secuencia negativa

IV. MEDIDAS

Para realizar las medidas, hubo que fabricar una placa (Fig.10.) sobre la que poder montar el circuito (Fig.11.) y así poder conectar el generador y el osciloscopio.

Se empleó un generador E4438C de Agilent Technologies, capaz de proporcionar las señales I, Q, I_{neg} y Q_{neg} necesarias para el funcionamiento del circuito y que ya se han mostrado en las Fig.8. y Fig.9., y un osciloscopio de cuatro canales TDS5034B de Tektronix, capaz de capturar las señales y exportarlas a un archivo para su posterior comparación con las simulaciones.

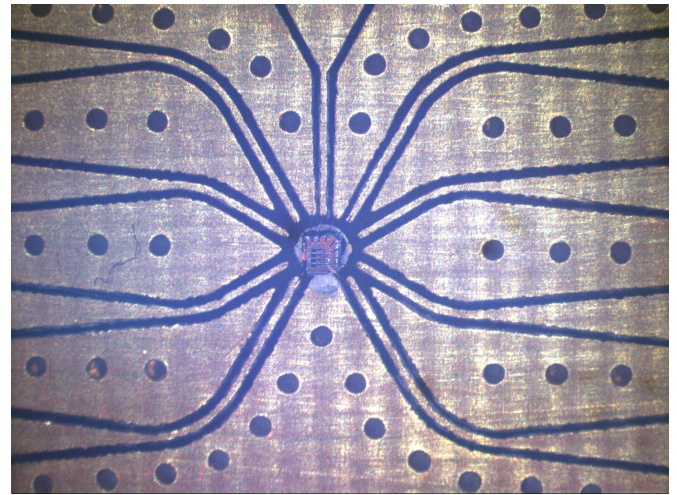


Fig. 10. Montaje de la placa y el chip que posibilita las medidas

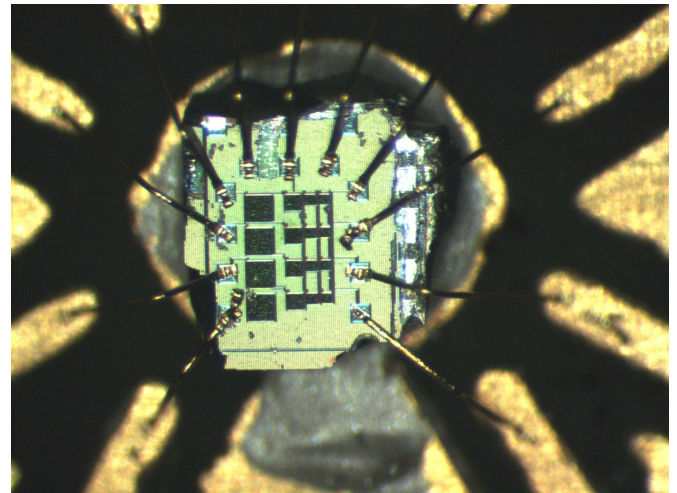


Fig. 11. Vista detallada del montaje del chip sobre la placa

Los resultados obtenidos mediante la simulación, así como de las medidas, se muestran en las Fig.12. y Fig.13. y se observa que tanto la simulación como las medidas experimentales coinciden.

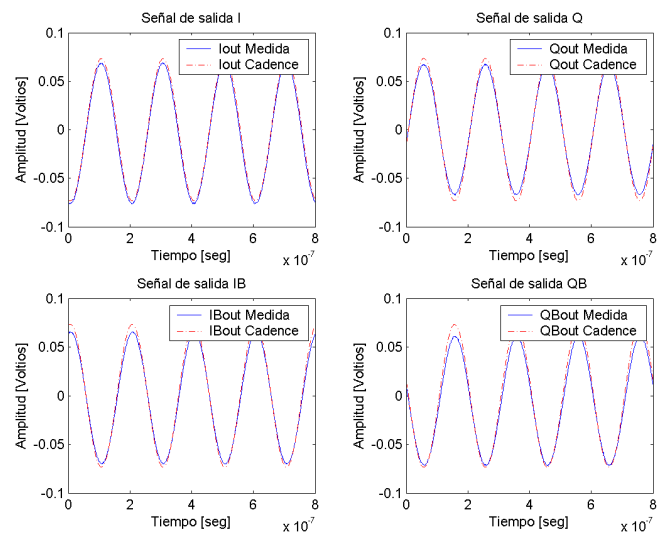


Fig. 12. Señales de salida medidas y simuladas para una secuencia de entrada positiva

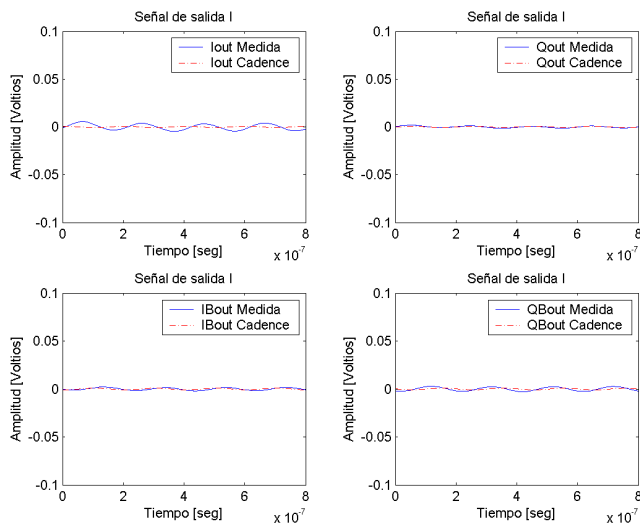


Fig. 13. Señales de salida medidas y simuladas para una secuencia de entrada negativa

V. CONCLUSIONES

Se ha diseñado, fabricado y medido un filtro polifase que permite eliminar la señal en la banda imagen de un sistema Low – IF en el cual se va a integrar. Los resultados obtenidos en la medida son similares a los obtenidos por simulación.

A la hora de integrar el circuito en un sistema completo se ha de tener en cuenta que la impedancia presentada a la salida debe ser suficientemente alta de modo que la atenuación en banda, sea lo más baja posible

Aunque la función de transferencia que proporciona el filtro, a priori, no se corresponde con la de las especificaciones, esto se soluciona colocando un filtro de paso bajo a la salida, de manera que en la función de transferencia conjunta sí cumpliría con las especificaciones, como ya se ha visto en III.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto *Transceptores integrados multielemento y monocircuito para radiocomunicación digital de banda ancha*, TEC 2006 – 13067 – C03 -02.

REFERENCES

- [1] J. Crols and M. Steyaert, “Low-IF Topologies for High-Performance Analog Front Ends of Fully Integrated Receivers”, IEEE Transactions on Circuits and Systems-II Analog and Digital Signal Processing, Vol. 45, No. 3, March 1998
- [2] M. J. Gingell, “The Synthesis and Application of Polyphase Filters with Sequence Asymmetric Properties”.
- [3] H. Kobayashi, J. Kang, T. Kithara, S. Takigami, H. Sadamura, “Explicit Transfer Function of RC Polyphase Filter for Gíreles Transceiver Analog Front – End”, ASIC, 2002. Proceedings. 2002 IEEE Asia-Pacific Conference on 6-8 Aug. 2002 Page(s):137 – 140.
- [4] Martin, K.W., “Complex signal processing is not complex”, Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions on [see also Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, IEEE Transactions on] Volume 51, Issue 9, Sept. 2004 Page(s):1823 – 1836.
- [5] Behbahani, F., Kishigami, Y.; Leete, J.; Abidi, A.A., “CMOS mixers and polyphase filters for large image rejection”, Solid-State Circuits, IEEE Journal of Volume 36, Issue 6, June 2001 Page(s):873 – 887.